

玄米粉（COCORO）と小麦粉の割合がパンへ及ぼす影響

人見 哲子・漆原 真弓

美作大学・美作大学短期大学部紀要（通巻第56号抜刷）

論 文

玄米粉（COCORO）と小麦粉の割合がパンへ及ぼす影響

The effect of the ratio of brown-rice flour (COCORO) to white-wheat flour in bread formation

人見 哲子・漆原 真弓*

キーワード：米粉パン、巨大胚芽米、米粉、小麦粉、膨化

緒 言

日本の食料自給率は年々減少しており、ほとんどを輸入に頼っているのが現状である。唯一、100%自給が可能な米の消費量は、ピーク時（昭和37年度）の約半分まで下落している。このような状況の中、農林水産省は食料自給力の強化のための取り組みと、食料自給率向上のために、米の炊飯米としての拡大はもはや限界があり、粉食利用により米の消費拡大を目指している¹⁾。

津山市では、つやま新産業創出機構を中心に、通常の「うるち米」の2倍以上の大きさの胚芽をもつ新しい品種、巨大胚芽米「はいいぶき」を、平成19年から「COCORO」というオリジナルネームで栽培し、岡山県内の米飯給食に導入するなど、販売拡大に取り組んできた。この米は胚芽に含まれる各種の機能成分をより多く摂取することをねらったものであり、とりわけ、人間の神経伝達系機能の保持に役立つとされるγ-アミノ酪酸の摂取増大を期待した品種である。また、GABAが通常の米（白米）より10倍位多く含まれており、その商品価値は米としてだけでなく加工食品の素材としても優れたものである²⁾。

平成21年には、高品質な微粒粉碎が可能となる気流粉碎技術により玄米のままで、胚芽を活かした粉碎機が津山市半鐘屋株式会社に導入された（写真1）。この気流粉碎方式は、高速で回転する微粉碎部へ米を供給し、その衝突と気流による粒子同士、および壁面への衝突により、粉碎された粉が気流によって機械上部より排出される。特徴として損傷澱粉率が低く微細粒の製造が可能である³⁾。

筆者は、昨年この気流粉碎機導入により「COCORO」の普及と小麦粉代替食品としてCOCORO玄米粉100%を使用した、シュー皮を作製し、良好な製品が出来上がることを確認し報告した²⁾。

近年、米の消費拡大を目的に、米粉パンが市場で多く販売されるようになった。米粉は製パンに必要なグルテンを含まず、そのままではパン製造に適さないため米粉にグルテンを添加されている。米粉100%のパンはまれであり、玄米のままで、胚芽を活かした玄米粉パンの製造も少ない。そこで本研究では、家庭用ホームベーカリーを使用し、現代のニーズに合った、しかも、玄米に含まれる栄養素も期待できる高付加価値米として販売している「COCORO」玄米粉パンの作製を目的とし開発に取り組んだ。一般的に、パンの焼成にはグルテンが必要であるが、ここでは、小麦粉に含まれるグルテンを利用して、COCORO玄米粉に

* 美作大学学生

小麦粉（強力粉）を配合したパンを作製し、その配合割合がパンにどのような影響を及ぼすのか、物性測定及び官能検査を通して検討した。

また、良質な米粉パンの製造には、如何に細かくて米粉粒子に傷を付けずに製粉するかがポイントとなるため、強力粉と玄米粉の顕微鏡観察により粒子の観察を行った。



写真1 津山市半鐘屋に導入された気流粉碎機

材料および実験方法

1. 材料および配合割合

1) 実験材料

小麦粉：CGC（強力粉 パン・ピザ餃子用）、米粉：津山産COCORO玄米粉（以下COCOROと記す）、コンスターチ：前原製粉会社、スキムミルク：明治乳業（コラーゲンスキム）、砂糖：三井製糖株式会社（スプーン印上白糖）、バター：雪印乳業株式会社（雪印北海道バター 食塩不使用）、ドライイースト：株式会社日清フーズ（日進スーパーカメラ）、塩：株式会社青い海（沖縄の塩）、卵：株式会社アキタ（ニューびあっこM 玉）、牛乳：株式会社明治乳業（おいしい牛乳）、ぬるま湯（41℃）：水道水

2) 配合割合

COCOROと強力粉の配合割合は、予備実験として10～100%までCOCOROの添加量を変えてパンを作製し、数名で評価を行い決定した。50%以上COCOROを添加したパンは、膨化、外観ともに悪く、製品として不適切と判断し、最も多くCOCOROが入る添加量として40%、50%を設定し、その配合割合を表1に示

した。

表1 パン生地配合割合（単位g）

材 料	COCORO 0 %	COCORO 40%	COCORO 50%
小麦粉	0	100	125
COCORO	250	150	125
コンスターチ	15	15	15
砂糖	20	20	20
スキムミルク	8	8	8
バター	20	20	20
ドライイースト	4	4	4
塩	5	5	5
卵	50	50	50
牛乳	50	50	50
ぬるま湯	75	75	75

2. パンの調整方法

COCOROは津山市で気流粉碎し、250 μ の篩に通ったものを使用した。COCOROは強力粉に混合し、自動ホームベーカリー（パナソニックSD-BMS101）を用いて一定条件下でパンを焼成した。方法を以下に示す。

- 1) COCORO・小麦粉・砂糖・スキムミルク・塩をボールに入れて、泡立て器で10回攪拌する。
- 2) 卵を泡立て器で20回ときほぐす。
- 3) 自動ホームベーカリーに混ぜ合わせた1)の粉類を入れる。
- 4) 粉を混ぜ合わせ真ん中をくぼませ、溶かしバター・卵・牛乳・ぬるま湯（40℃）を入れる。
- 5) 自動ホームベーカリーのイースト自動投入口に、ドライイーストをセットする。
- 6) 米粉添加の場合；米粉、小麦いりコースで焼成
小麦粉のみの場合；食パンコースで焼成

3. 実験方法

自動ホームベーカリー（パナソニックSD-BMS101）を用いて一定条件下でパンを焼成した。焼成後1時間放置したものを試料として、以下の項目について測定した。

1) 米粉と小麦粉の構造

気流粉碎機による粉碎したCOCOROと小麦粉（強

力粉)を顕微鏡(日立卓上顕微鏡TM-1000)で観察した。

2) 重量の変化

パン焼成後の重量の変化を測定した。

3) 体積および比容積

体積は、菜種法により測定した。比容積は、体積を除して算出した。

4) パンの色調

パンの上面・中面・底面について、測色色差計(日本電色工業株式会社)を用いて $L^*a^*b^*$ 値および ΔE 値を求め、結果をNBS単位で判定した。

5) 内相観察

パンの断面をコピーにより観察した。

6) 物性測定

パン焼成後、常温に1時間放置したものを、クリープメーター(山電RE-3305)で、パンの中央部1.5cm×0.5cmに切り、最大荷重および破断応力を測定した。測定条件はロードセル2kgf、測定歪率98%、測定速度1mm/sec、プランジャは樹脂製くさび型を使用した。

7) 官能評価

COCORO40%、COCORO50%配合パンについて、官能評価を行った。評価項目は、焼き色(外側)、色(内側)、見た目、香り、硬さ、食感、味、総合評価とし、5段階評点法により(良い+2~悪い-2)を行った。解析は一元配置分散分析により、有意差の認められたものについて、試料間における差の検定を行った。パネルは美作大学食物学科学生18名および大学食物学科所属職員5名の計23名とした。

8) アンケート調査

米粉パンのイメージを知るために、本学食物学科学生16名・一般17名の計33名にアンケート調査を実施した。

結果および考察

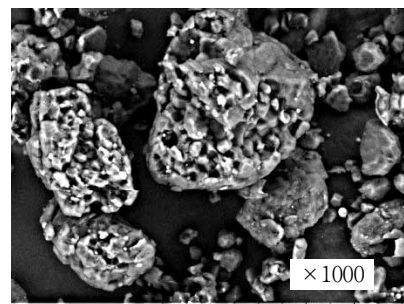
1. 米粉と小麦粉の構造

強力粉および気流粉碎機で粉碎したCOCOROの顕

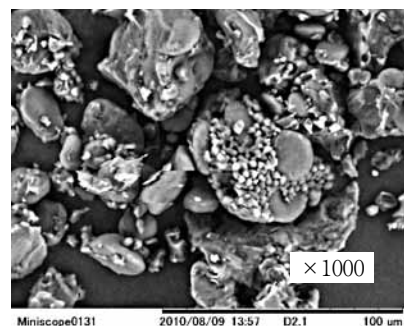
微鏡観察を写真2に示した。金本氏は衝撃式粉碎機と気流粉碎機を使用してDRY方式とWET方式の精白米を製粉した比較試験を行っている。その報告では、気流粉碎のWET方式の損傷デンプン率が最も低く、粒度分布が一番正規分布に近い。これは米の胚乳部のデンプン細胞が無理なく粉碎されて、デンプンの単粒細胞に損傷を与えていないとしている⁴⁾。

また、神田氏は、気流粉碎は、パンや菓子用として注目されている米粉の多くはこの製粉方法(WET方式)で生産されており、デンプンの損傷が少ないために、吸水性は低いが、保水性が高い特徴があるとしている⁵⁾。

本実験に使用した粉碎機も気流粉碎でWET方式によるものである。顕微鏡観察により、小麦粉の粒形は、丸みを帯びた単粒細胞がはっきりと確認できた。COCOROは小麦粉ほどではないが、丸みを帯びた単粒細胞が観察できた。



巨大胚芽米「COCORO」玄米粉



小麦粉(強力粉)

写真2 COCORO 玄米粉および小麦粉(強力粉)の顕微鏡観察による比較
(日立卓上顕微鏡 TM-1000)

2. 重量の変化

3種類のパンの焼成後の重量を表2に示した。焼成後の重量は3種類とも焼成前より減少していた。最も重量変化が大きかったのはCOCORO 0%であった。通常、焼けてオープンから取り出した熱いパンは、内部には水蒸気の飽和量と、多くの炭酸ガスと気化アルコールを極少量含んでいる。しかし、パンは、その冷却と同時に水蒸気を殻ごしに発散し周囲の空気と交代する。そのためにパンは完全な冷却まで、その重量の2～3%に及ぶ著しい重量の減少を見ることになる。

表2 パンの重量

配合割合	(M±SD)	
	焼成前重量(g)	焼成後重量(g)
COCORO 0%	497	436± 3.41
COCORO40%	497	464± 5.16
COCORO50%	497	449± 16.20

3. 体積および比容積

3種類の配合割合が異なるパンの体積と比容積について表3に示した。

その結果COCOROの代替割合が多くなるにつれてパンの体積が低下した。

粉100gに対するたんぱく質の含有量は小麦粉（強力粉）では11.7g（5訂増補食品成分表による）、COCOROでは6.2g（近畿中国農業センター調べ）である。小麦粉たんぱく質の主なものはグルテニンとグリアジンで、総たんぱく質量の約84%を占めている。通常のパン生地では、小麦粉由来のグルテンによって形成されたセル組織にCO₂が気泡として保持される。一方米粉たんぱく質の主なものはオリゼニンで、総たんぱく質量の80%前後を占めている⁶⁾。このオリゼニンはグルテリンとして存在しているが、グリアジンが存在しないためCOCORO配合パンは気泡を保持することができず、小麦粉パンに比べ、膨化が悪く体積も小さくなったと考えられる。

顕微鏡観察結果から、小麦粉に近い粒子が得られても、COCOROが増加することで小麦粉中のグルテンが減少し、パンの膨化は悪くなった。藤井氏は、米粉

パン作製における加水量の検討を行っており、米粉に対し100%以上の加水をすると膨化したと報告している⁷⁾。よって、調整方法をさらに検討を行うことで膨化も期待でき、より良い製品が得られると考えられる。

表3 パンの体積・比容積

配合割合	(M±SD)	
	体積(cm ³)	比容積(cm ³ /g)
COCORO 0%	1080± 3.54	2.48± 0.01
COCORO40%	777± 74.95	1.78± 0.14
COCORO50%	757± 18.38	1.69± 0.10

4. パンの色調

COCORO 0%、COCORO40%、COCORO50%配合で作製したパンの上部表面、中面、底面の色調を測色色差計により測定し、配合割合の違う3種類のパンの色差を、NBS単位により判定した（表4）。その結果パンの上部表面および底部は、COCORO 0% - COCORO40%、COCORO 0% - COCORO50%間で、「多大に」と判定され、COCORO40% - COCORO50%間では「めだつほどに」であった。中面の色調はCOCORO 0% - COCORO40%、COCORO 0% - COCORO50%間で、「多大に」と判定されCOCORO40% - COCORO50%間で「わずかに」と判定された。このことより、配合割合の違いによる色調の影響は大きいと考える。

表面の焼き色（上部・底部）は、COCORO 0%はL*値b*値が高かった。これは、小麦粉（強力粉）のたんぱく質含量は玄米より多いため、加熱することで、メイラード反応がおこりやすかったのではないかと考えられる。

一方中面は、COCOROが増加することで、a*（赤味度）b*（黄味度）が高値を示した。COCOROは玄米粉であるため、糠層の色が影響し、赤味をおびたオレンジ系の色になったと考えられる。

5. パンの内相観察

3種類のパンの内相を断面コピーによる比較を行っ

表4 パンの色調

上面				
配合割合	L *	a *	b *	△E 判定
COCORO 0%	60.9±3.7	16.1±2.1	36.7±1.3	16.5 *** 1.2 ** 16.3 ***
COCORO 40%	45.5±3.4	16.6±1.4	31.0±4.0	
COCORO 50%	45.7±2.3	18.0±0.5	31.0±2.2	
中面				
配合割合	L *	a *	b *	△E 判定
COCORO 0%	78.0±1.3	0.1±0.4	20.7±2.0	12.5 *** 0.7 * 12.6 ***
COCORO 40%	74.2±1.9	5.2±1.5	31.4±1.6	
COCORO 50%	73.6±2.3	5.5±0.5	31.2±2.2	
底面				
配合割合	L *	a *	b *	△E 判定
COCORO 0%	51.5±0.3	18.1±2.1	33.2±1.1	24.3 *** 3.3 ** 27.1 ***
COCORO 40%	33.1±3.4	14.3±1.4	17.7±4.0	
COCORO 50%	32.6±3.9	12.7±1.0	15.0±5.4	

* かに ** だつほどに *** 多大に

注) $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ = 色差

測色色差計による測定 (日本電色工業社製)

NBS単位

感覚的の差	NBS単位 (△E = 色差)
trace (かに)	0 ~ 0.5
slight (わずかに)	0.5 ~ 1.5
noticeable (感知せられるほどに)	1.5 ~ 3.0
appreciable (めだつほどに)	3.0 ~ 6.0
much (大いに)	6.0 ~ 12.0
very much (多大に)	12.0以上

た(コピー1)。その結果、内層のきめ、体積、比容積から判断すると、COCORO 0%が最も膨化が良好で、COCOROが増加するにつれて、膨化も悪く、きめは細かいが、ところどころ大きな気泡があった。COCOROが増加することで、小麦粉に含まれるグルテン含量が少なくなり、また小麦粉に比べて、COCOROは玄米粉であるため、油脂が多くなりそのことも影響していると考えられる。



コピー1 3種類のパンの内相の断面コピー

6. 物性測定

パン焼成後、常温に1時間放置したものをクリープメーター(山電、RE-3305型)で1.5cm×0.5cmに切ったパンを試料として破断測定を行った。その結果を表5に示した。

この結果より、COCORO配合割合が増加することにより硬いパンとなり、いずれも圧縮により変形し、圧縮後に回復しなかった。このことから弾性がなく抵抗応力の高い、硬いパンになった。

表5 パンの破断測定

配合割合	破断応力×10 ² (N/m ²)
COCORO40%	17.01±39.57
COCORO50%	39.57±82.54

注) 測定条件:

クリープメーター: 株式会社山電 RE-3305型

ロードセル: 2 kgf 測定歪率: 98%

測定速度: 1mm/sec

プランジャー: 樹脂製くさび型

7. 官能評価

官能評価結果を表5に示した。色(外側・内側)、見た目、かたさ、総合評価においてCOCORO40%が有意に高く評価された(p<0.05)。COCORO50%の色(外観)と見た目においてはマイナスの評価であった。しかし、COCORO配合割合が多いほど「食感がもちもちとしていて良い」といった意見も聞かれた。また、COCORO50%は、標準偏差の値が大きく、好みにばらつきがあった。このことは、COCOROは玄米粉であるため、その風味や味も影響し高く評価するものもあったのではないかと考える。

色合いや外観の評価の差は、表皮の褐色度の違いによるところが大きい⁵⁾。色調結果からもCOCOROの添加が増加すると、L*値、b*値が低くなり、濃褐色になったため評価が悪くなったと考える。

きめの細かさ、食感、味においては有意な差は認められなかった。

以上の結果より、COCORO40%配合では全ての項目において「やや良い(+1)」寄りの、高い評価が得られたことと、「COCORO」は巨大胚芽米はいいぶきの品種で、通常の米と比べて2~3倍の大きさを

持つ胚芽米である。GABAの生成能力が高く、ビタミンEや食物繊維を多く含んだ機能性の高い米として注目されている。そのため、COCOROを添加することによってパンの食感的価値は高まると考えられる。

表6 COCORO 配合パンの官能評価

評価項目	配合割合 (M±SD)		判定
	COCORO40%	COCORO50%	
色（外観）	1.43±0.66	-0.04±1.22	*
色（内側）	1.35±0.83	0.17±1.15	*
見た目	1.35±0.83	-0.09±1.20	*
香り	0.96±0.71	0.52±0.85	n.s
かたさ	0.78±0.95	0.04±1.02	*
きめの細かさ	0.87±0.87	0.70±0.88	n.s
食感	0.61±0.94	0.52±1.08	n.s
味	1.30±0.82	0.87±1.06	n.s
総合評価	1.17±0.58	0.55±1.10	*

* p < 0.05

8. アンケート調査

米粉パンのイメージを知るためにアンケートを実施した（図2）。

1.「米粉パンを知っていますか」の問いに対して「はい」が94%で、米粉パンの認知度は高かった。2.「米粉パンを買ったことがありますか」では、65%買ったことがあると答えた。3.「もし、COCOROを使用したパンが売り出されれば、買われますか」では85%の人が「はい」と答え、COCORO配合パンに興味を示していることが分かった。「いいえ」と答えた中に、「美味しければ買っても良い」という意見があった。4.「小麦パンより10～20円高くても米粉パンを買いますか」の問いに対して、「はい」が59%、「いいえ」が41%と値段が高くても買うとした人が、若干ではあるが多かった。5. 米粉パンを買う場合、米粉100% または、100%近く入っていないと意味がないと思いますか」では「はい」が33%「いいえ」が64%で、必ずしも米粉100%が望まれていないことが分かった。

以上のアンケート調査結果より、米粉パンに対する

認知度は高く、米粉100%でなければならないと答えた人は30%足らずであった。荻田氏は、米粉食品の普及・定着し、新しい米粉ビジネスが広がるための要点を、米粉100%の商品にこだわらないことが、重要であることの一つとして挙げており⁸⁾、本調査においても同様のことがいえることが示唆された。

このことよりCOCOROの栄養的利点や、米粉の特徴である食味、食感などから、小麦粉に添加したCOCORO玄米粉パンは米粉の消費拡大に大いに貢献できると考える。

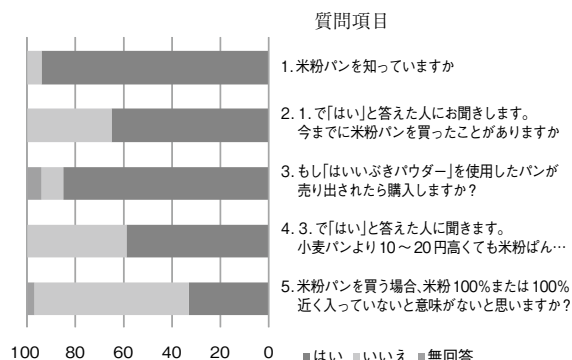


図2 米粉パンについてのアンケート調査結果 n =33

要 約

津山地域で栽培されている新品種巨大胚芽米「COCORO」に着目し、小麦粉にCOCORO配合したパンを作製し、玄米粉がパンの品質に及ぼす影響について、物性測定、官能検査および米粉のイメージについてアンケートを実施し、以下のような結果が得られた。

- 1) 顕微鏡観察結果から、気流粉碎技術により、小麦粉に近い粒子が得られた。
- 2) 焼成後の重量変化が大きかったのはCOCORO 0%であった。
- 3) COCOROの代替割合が多くなるにつれてパンの体積が低下した。COCOROが増加することで小麦粉中のグルテンが減少し、パンの膨化は悪くなった。

- 4) パンの色調の差は、上部表面および底部は、COCORO 0% - COCORO 40%・COCORO 0% - COCORO 50%間で、「多大に」と判定され、COCORO 40% - COCORO 50%間では「めだつほどに」であった。中面の色調はCOCORO 0% - COCORO 40%、COCORO 0% - COCORO 50%間で、「多大に」と判定されCOCORO 40% - COCORO 50%間で「わずかに」と判定された。配合割合により、色調に影響がある。
- 5) COCORO 0%が最も膨化が良好でCOCOROが増加するにつれて、膨化も悪く、きめは詰まっているが、ところどころ大きな穴があいていた。
- 6) COCOROの配合割合が増加すると、弾性がない抵抗応力の高い、硬いパンになった。
- 7) 色（外側・内側）、見た目、かたさ、総合評価で有意差が認められ（ $p < 0.05$ ）、COCORO 40%配合が好まれる結果であった。
- 8) 米粉パンに対する意識は高く、必ずしも米粉100%が望まれていないことが分かった。

以上の結果から、COCORO 40%の配合割合ならば、官能評価において「やや良い（+1）」寄りの比較的良好な製品が得られることが示唆された。また、家庭用ホームベーカリーで簡単に作れるレシピを提供することで、COCOROの市場性が拡がり、小麦粉の一部でも代替できれば、食料自給率の向上と、COCOROは玄米の米粉であるため機能性成分として、米粉の付加価値向上を図り、新規用途米粉としても十分期待できる製品である。

今後はパンの見た目の改善や、ラスクのように2次製品への転用も考えていけば、さらに販売促進に繋げられるものと考えられる。

本実験は日本栄養改善学会第57回大会において一部を示説報告した。

謝 辞

本研究を行うに当たり、顕微鏡観察においてご指導いただきました、森田規之氏 美作大学学生黒見佳代

氏に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 奥座宏一：食品と開発、44、NO.6、4-6(2009)
- 2) 人見哲子・角記子：美作大学・美作大学短期大学部紀要、55、15-21、(2010)
- 3) 當麻義人：食品と開発、44、NO.6、15-17(2009)
- 4) 金本繁晴：食品と開発、44、NO.6、11-14(2009)
- 5) 神田哲也：食品工業、6-30、42-45(2009)
- 6) 梅津夕希子：新潟青陵大学短期大学部研究報告、39、39-47(2009)
- 7) 藤井恵子：日本調理学会誌、42、NO.4、263-266(2009)
- 8) 荻田敏：食品と開発、44、NO.6、7-10(2009)

